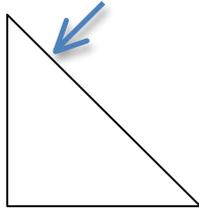


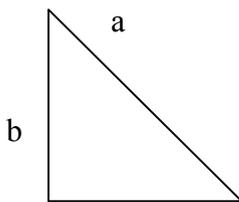
Gruppo A (indicativamente dopo le prime 2-3 settimane di lezione)

- 1) Un prisma retto di vetro con indice di rifrazione $n=1.55$. ha come base un triangolo retto isoscele, la cui ipotenusa misura 8 cm. Un raggio di luce penetra nel prisma perpendicolarmente ad essa, a 1 cm dallo spigolo.

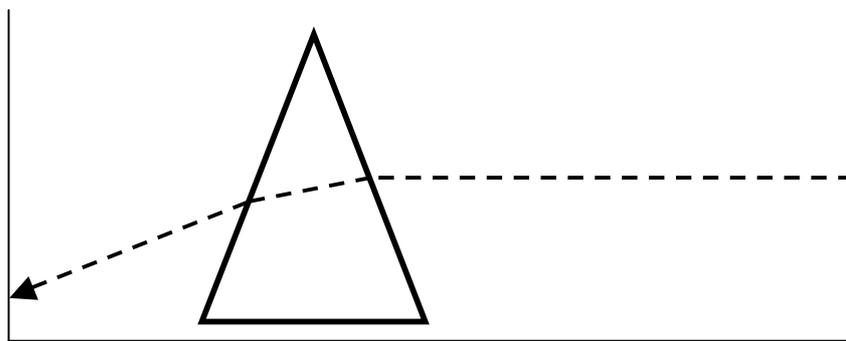


Determinare la traiettoria del raggio attraverso il prisma, e specificamente punto e direzione di uscita.

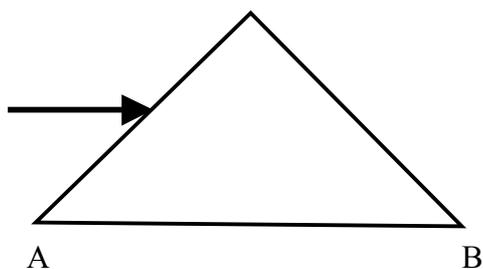
- 2) Attraversando un metro di spessore di un materiale, l'intensità di un fascio di luce è attenuata del 70%. Di quanto viene attenuata, attraversando uno spessore di 30 cm. dello stesso materiale?
- 3) Dato un prisma con base un triangolo rettangolo isoscele, di vetro con indice di rifrazione 1.6, calcolare qual è il massimo angolo di incidenza α per cui la luce incidente sulla faccia a è riflessa totalmente dalla faccia b.



- 4) A 3000m di quota l'aria, rarefatta, ha indice di rifrazione 1.00020. Di quanto è alterata la posizione di una stella che ha distanza zenitale di 60° ?
- 5) Una fibra ottica lunga 20 m ha un coefficiente di assorbimento di $3 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$. Sapendo che sia alla superficie di entrata, sia a quella di uscita viene riflesso il 7% dell'intensità luminosa, quale frazione dell'intensità incidente all'entrata è trasmessa in uscita?
- 6) Un raggio di luce penetra in una lastra di vetro di spessore 5mm con un angolo di incidenza di 45° . Determinare la traiettoria del raggio uscente: direzione e posizione rispetto al punto di incidenza.
- 7) Un raggio di luce incide, con un angolo di incidenza di 30° su una lastra formata da due spessori di vetro, a facce piane parallele, di rispettivo spessore 6 e 3 mm, indice di rifrazione $n'=1,38$ e $n''=1,73$. Calcolare la traiettoria del raggio di luce, assumendo che la lastra si trovi nel vuoto.
- 8) Nel caso precedente, i coefficienti di assorbimento dei due vetri sono $k'=0.60/\text{m}$ e $k''=0.45/\text{m}$. Calcolate l'attenuazione dell'intensità, assumendo che non ci sia attenuazione al passaggio da un mezzo all'altro
- 9) Un raggio di luce penetra nel prisma di vetro, con $n=1.55$, al centro della faccia AD secondo la traiettoria rappresentata nel disegno. Gli angoli in A e B sono di 45° e $AB=10\text{cm}$. Calcolare la traiettoria del raggio fino all'uscita dal prisma
- 10) Un prisma retto a base triangolare isoscele con angolo al vertice di 30° e lato minore di 5 cm., costituito di vetro con indice di rifrazione $n=1.6$, è posato su una superficie orizzontale sulla faccia opposta al diedro di 30° . Un raggio di luce con traiettoria orizzontale e perpendicolare ai lati del prisma penetra in esso a 4cm di altezza rispetto alla superficie orizzontale. A quale altezza il raggio uscente incide su una superficie verticale posta 2cm oltre lo spigolo del prisma (vedi figura). (Il calcolo è laborioso; potete limitarvi a indicare i passi necessari a risolvere il problema)



- 11) Una sorgente di luce si trova a 2m dal bordo di una fontana, 100 cm sotto il pelo dell'acqua. Dal bordo della fontana un osservatore lo guarda, da un'altezza di 1.80m. Determinare l'angolo rispetto all'orizzontale sotto cui l'osservatore vede la sorgente. (Suggerimento: utilizzate la procedura usata per ottenerla legge della rifrazione dal principio di Fermat)
- 12) Una fibra ottica lunga 2.4 Km è caratterizzata da un coefficiente di assorbimento di $2 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$. Determinare l'attenuazione della luce da un capo all'altro della fibra.
- 13) Un prisma con angolo al vertice 40° ha indice di rifrazione $n=1.550$ a 656 nm e $n=1.555$ a 486 nm. Determinare la traiettoria dei raggi alle due lunghezze d'onda se essi incidono sulla prima faccia del prisma con $i=50^\circ$.
- 14) Un raggio laser subisce, nell'aria, una attenuazione di 0.1/km. Calcolare l'attenuazione complessiva per un percorso di 10 km
- 15) .Un raggio di luce penetra nel prisma di vetro in figura, con $n=1.55$, al centro della faccia AD secondo la traiettoria rappresentata nel disegno. Gli angoli in A e B sono di 45° e $AB=10\text{cm}$. Calcolare la traiettoria del raggio fino all'uscita dal prisma.

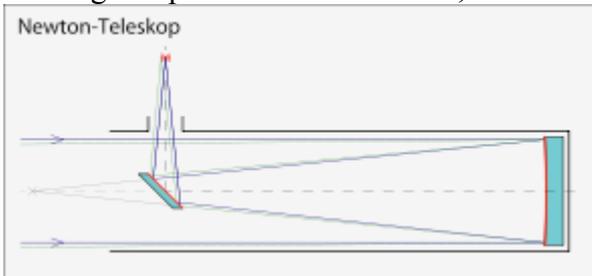


Gruppo B: indicativamente dopo cinque settimane di lezione

- 16) Due lenti convergenti, di focale rispettivamente 40 e 60 cm e uguale apertura, sono allineate lungo lo stesso asse. A) Determinare la lunghezza focale del sistema combinato, allorché le due lenti sono accostate. B) Determinare la lunghezza focale del sistema quando le due lenti sono separate di 10 cm.
- 17) Data una lente convergente di diametro 16 cm e focale 40 cm, si ponga a 35 cm da essa una lente divergente, di focale -6 cm. A) A che distanza dalla prima lente si forma l'immagine di una sorgente all'infinito (dalla parte opposta alla seconda lente)? B) Qual è la focale equivalente del sistema

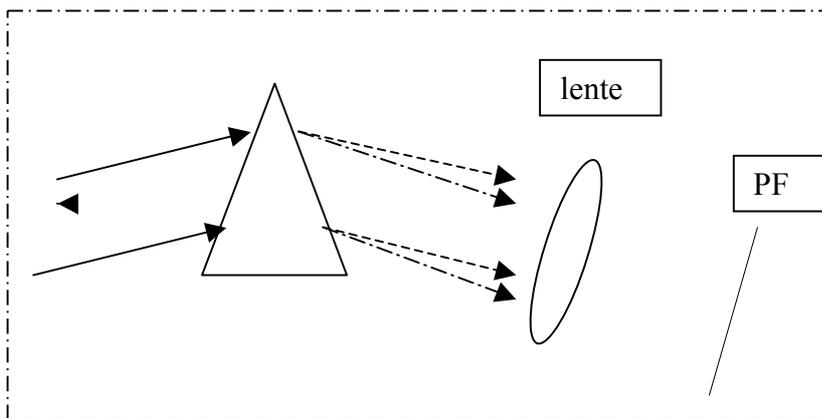
- combinato? C) Quale deve essere il minimo diametro della seconda lente perché non si perda luce dalla sorgente all'infinito? Risolvete il problema sia graficamente che analiticamente.
- 18) A) Una barra di dimensioni 1 cm è posta a 40 cm di distanza da uno specchio sferico, ortogonalmente all'asse ottico e con un estremo su di esso. Se lo specchio ha lunghezza focale 20 cm, qual'è la posizione dell'immagine della barra e la sua dimensione? B) stesso se l'oggetto si trova a 100 cm.
 - 19) Due lenti biconvesse identiche, di lunghezza focale 10 cm., sono poste a 20 cm di distanza, sul medesimo asse. Determinare dove si forma l'immagine di una sorgente posta sull'asse ottico nei seguenti casi: a) sorgente all'infinito; b) sorgente nel fuoco della prima lente; c) sorgente a 15 cm dalla prima lente.
 - 20) Due lenti piano convesse identiche, di focale ciascuna 10 cm, sono poste sullo stesso asse a distanza trascurabile. Trovare la focale del sistema combinato nei casi: a) le due superfici piane sono a contatto; b) le due superfici convesse sono a contatto; 3) le due superfici piane sono entrambe poste nello stesso verso
 - 21) Due identiche lenti biconvesse, di focale 15 cm. e apertura 5 cm, sono poste a 10 cm l'una dall'altra, sul medesimo asse. Una sorgente puntiforme si trova nel fuoco della prima lente. Dove si forma la sua immagine attraverso il sistema ottico? Se la sorgente (supposta emettere in modo isotropo) ha luminosità 1 Kwatt, qual è la potenza raccolta nell'immagine (ovvero la sua luminosità)?
 - 22) Sono dati uno specchio parabolico di apertura 10 cm e focale 50 cm, e uno specchio piano, circolare, di diametro 15 cm. Lo specchio piano è posto a 20 cm dal vertice dello specchio parabolico, con inclinazione 45° rispetto all'asse ottico del primo specchio. Un fascio di raggi paralleli incide sullo specchio piano, con direzione ortogonale all'asse ottico del primo specchio e parallela al piano definito dagli assi dei due specchi. Determinare la traiettoria finale dei raggi determinata dal sistema
 - 23) Uno specchio sferico concavo di raggio di curvatura 80 cm. e una lente di focale 30 cm, con uguale apertura, sono posti sullo stesso asse e hanno distanza di 50 cm. Determinare la posizione dell'immagine di una sorgente puntiforme posta a : 1) 80 cm dallo specchio; 2) nel fuoco dello specchio; 3) all'infinito;
 - 24) Una lente di apertura 10 cm. è affetta da cromatismo caratterizzato dalle seguenti lunghezze focali: $f(\lambda 486 \text{ nm}) = 30.55 \text{ cm}$, $f(\lambda 546 \text{ nm}) = 30.58 \text{ cm}$ $f(\lambda 656 \text{ nm}) = 30.61 \text{ mm}$. Dove collochereste il "fuoco", se vi occorre ricevere tutta la luce dal blu al rosso? Quale risulterebbe la dimensione trasversale dell'immagine di una sorgente puntiforme all'infinito?
 - 25) Una fornace solare è costituita da uno specchio parabolico di 10 m di diametro e focale di 25 m. Sapendo che il flusso energetico del sole sulla terra è di circa 1 Kwatt per metro quadro, quanta potenza riuscirà a concentrare lo specchio al fuoco? Su che area?
 - 26) Il sistema di fuoco di un obiettivo di macchina fotografica, di focale 50 mm., consente di spostarne la distanza, rispetto al sensore, tra 48 e 55 mm. L'apparecchio può mettere a fuoco un oggetto a 30 cm dall'obiettivo?
 - 27) Una lente di focale 15 cm è accoppiata ad una lastra di vetro piana ($n=1.5$) di spessore 3 cm, posta perpendicolarmente all'asse ottico. In quale posizione si forma l'immagine di un oggetto che si trovi all'infinito dalla stessa parte della lastra? E se si trova dalla parte opposta?
 - 28) Davanti a un paraboloide concavo di lunghezza focale 30 cm., sull'asse ottico dello stesso, a 42 cm. di distanza dal vertice, è posta una lente biconvessa di lunghezza focale 12 cm. Paraboloide e lente hanno la stessa apertura. Una sorgente puntiforme è posta sull'asse ottico, a X cm. dal vertice del paraboloide. Determinare la posizione Y della sua immagine attraverso il sistema nei seguenti casi:
 $X = 30 \text{ cm}$
 $X = 54 \text{ cm}$
 $X = 40 \text{ cm}$
 - 31) E' dato uno specchio parabolico di 2 metri di diametro e rapporto di apertura $f/8$. A quale separazione angolare all'infinito corrisponde una distanza sul piano focale di 0.025 mm?
 - 32) Uno specchio parabolico di focale 60 cm è accoppiato ad una lastra di vetro, di spessore 3 cm e indice di rifrazione $n=1.5$, posta perpendicolarmente all'asse ottico a distanza d dallo specchio. Determinare la posizione dell'immagine di una sorgente in asse all'infinito nei due casi: a) $d = 80 \text{ cm}$; b) $d = 30 \text{ cm}$

- 33) Un telescopio newtoniano ha uno specchio primario parabolico di apertura 10 cm e focale 60 cm. A) determinare le dimensioni al piano focale dell'immagine di un pianeta, assunto avere un diametro apparente di $30''$. B) Sulla base del diagramma allegato, stimare le dimensioni lineari che assume una sorgente puntiforme all'infinito, a $15'$ dall'asse ottico, per effetto delle aberrazioni.



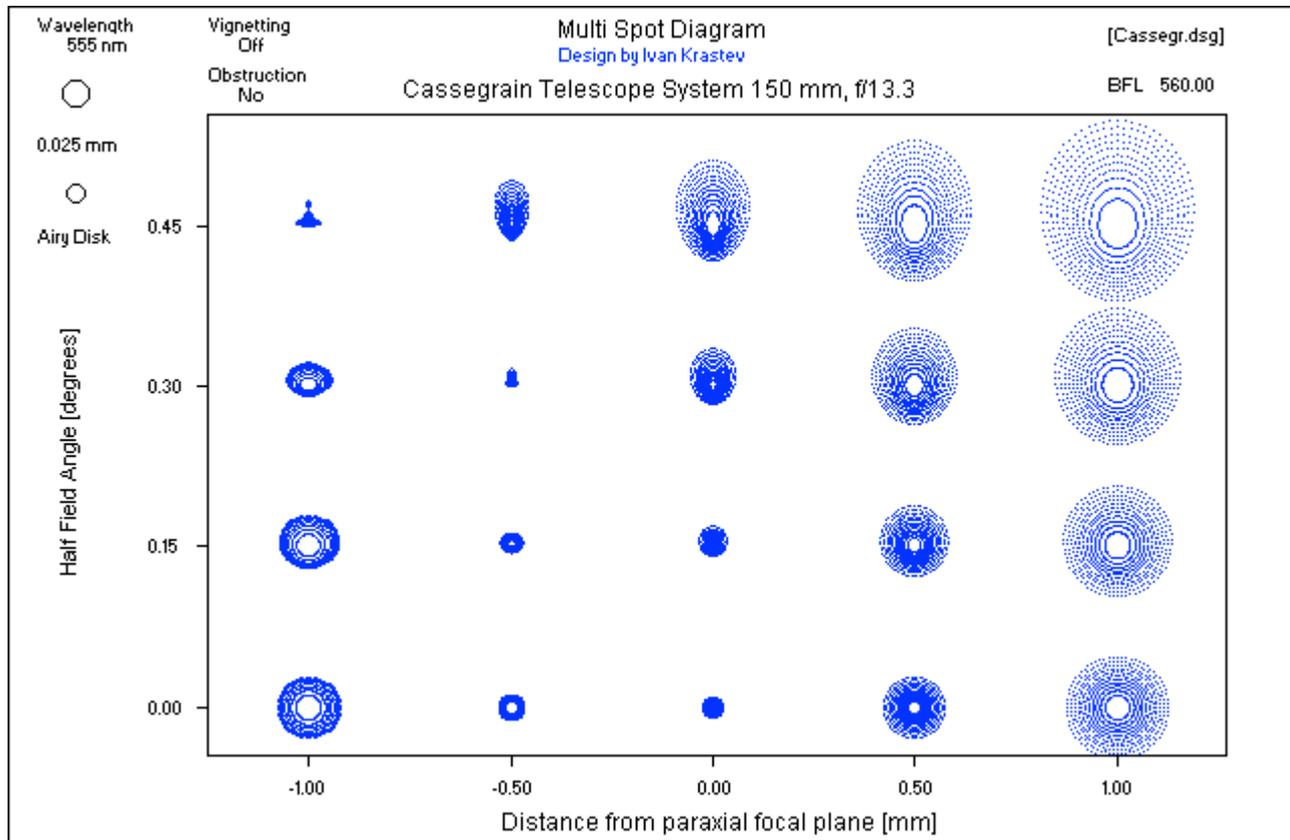
Gruppo C – Nelle ultime due settimane di corso

- 34) A) Un prisma con angolo al vertice 36° ha indice di rifrazione $n=1.650$ a $\lambda 656$ nm e $n=1.654$ a $\lambda 486$ nm. Un fascio parallelo di luce policromatica incide sulla prima faccia del prisma con $i=40^\circ$. A) Determinare la dispersione angolare media ($\Delta\theta/\Delta\lambda$) all'uscita del prisma. B) Una lente di focale 100 mm è posta oltre il prisma, approssimativamente in asse con la luce uscente. Sul piano focale della lente si forma lo spettro della luce incidente. Quanto sono separati, su di esso, $\lambda 656$ nm (--- e $\lambda 486$ (·-·-·-·-·)?)



- 35) Un uomo alto 1,80 m è osservato da 60m di distanza. Quali sono le dimensioni della sua immagine sulla retina dell'osservatore? (si assuma una profondità del bulbo oculare di 24 mm.). Discutete se, in queste condizioni, è possibile distinguerne il volto.
- 36) Un telescopio operante nell'infrarosso a lunghezze d'onda di 10 micron ha apertura $D=2$ m e rapporto di apertura 10. Assumendo un seeing di $1''$, qual'è la risoluzione ottenibile? Qual'è la dimensione al piano focale dell'immagine di una sorgente puntiforme all'infinito?
- 37) Qual'è la risoluzione angolare di un paraboloide di 25m di apertura che riceve onde radio a frequenza di 1250 MHz? Quale è la precisione con cui deve essere realizzata e mantenuta la forma parabolica, perché questo risultato sia assicurato?
- 38) La nebulosa del Granchio è un resto di supernova, forte emettitore di onde radio, di diametro angolare di $5'$. Qual è la dimensione minima di una antenna parabolica che, ricevendo onde radio a 1000 MHz, ne verifichi la struttura estesa? Qual è l'entità massima delle irregolarità della superficie dell'antenna che è accettabile per ottenere questo risultato?
- 39) Quale dimensione ha l'immagine di una sorgente radio puntiforme al fuoco di un paraboloide di diametro 12m, focale di 30m, che osserva radiazione a frequenza di 1000 GHz? Ritenete che, per ottenere questo risultato, la superficie reale possa approssimare un paraboloide ideale con deviazioni tipiche di 100 micron.?

- 40) Descrivere il significato del diagramma a “spot” seguente. In particolare: a) valutare se il telescopio può dare immagini migliori di 1 secondo d’arco; b) dire se il telescopio mostra “curvatura di campo”.



- 41) Una fenditura di apertura 4 micron è illuminata da una sorgente monocromatica all’infinito di $\lambda = 656$ nm. Una lente posta dietro la fenditura proietta le frange di interferenza su uno schermo posto nel fuoco della lente, a 15 cm. da essa. Determinare la posizione dei massimi delle prime frange adiacenti al massimo centrale, e la loro intensità relativamente ad esso.
- 42) Un paraboloide di 12m di diametro e focale 8m deve raccogliere radiazione a 100 GHz da sorgenti astronomiche, convertendola in un segnale elettrico. A) determinare le dimensioni del sensore al primo fuoco necessarie a raccogliere la radiazione della sorgente; B) valutare quali possono essere le deformazioni massime della superficie affinché tali dimensioni non risultino deteriorate; C) Considerata la grande apertura, e, al tempo stesso, l’esigenza di osservare solo la sorgente in asse, quale sarà il peso delle aberrazioni ?
- 43) Qual’è la risoluzione angolare di un paraboloide di 25m di apertura che riceve onde radio a frequenza di 1250 MHz? Quale è la precisione con cui deve essere realizzata e mantenuta la forma parabolica, perché questo risultato sia assicurato?

- 44) Due fenditure separate di 0.5 mm. sono seguite da una lente di focale 150 mm. Una sorgente monocromatica all'infinito, emettente a 486 nm, forma frange di interferenza. Qual è la loro spaziatura al piano focale della lente? Cosa cambia se, davanti ad una delle due fenditure viene posto uno spessore di 1 micron di materiale trasparente con $n=1.5$?
- 45) Un telescopio newtoniano ha uno specchio primario parabolico di apertura 10 cm e focale 50 cm. Determinare posizione e dimensioni ottimali dello specchio secondario. Indicare i criteri seguiti.
- 46) E' dato uno specchio parabolico di 3.5 metri di diametro e rapporto di apertura $f/15$. A quale separazione angolare all'infinito corrisponde una distanza sul piano focale di 0.025 mm?
- 47) Su uno schermo sono praticate due fenditure parallele, una delle quali "occlusa" da un foglio di spessore 0.001 mm di materiale trasparente di indice di rifrazione $n=1.5$. Discutere la figura di diffrazione che si forma con luce di $\lambda=592$ nm, incidente perpendicolarmente allo schermo
- 48) La figura allegata (da Schroeder, *Astronomical Optics*, Ass. Press) mostra le prestazioni ottiche di diversi specchi parabolici. Descriverne il significato e commentarli. Per quale motivo non è indicata la lunghezza d'onda a cui i diagrammi sono ottenuti? Nel caso dello specchi $f/8$, a quale separazione angolare all'infinito corrisponde una distanza sul piano focale di 0.025 mm?

6. Reflecting Telescopes

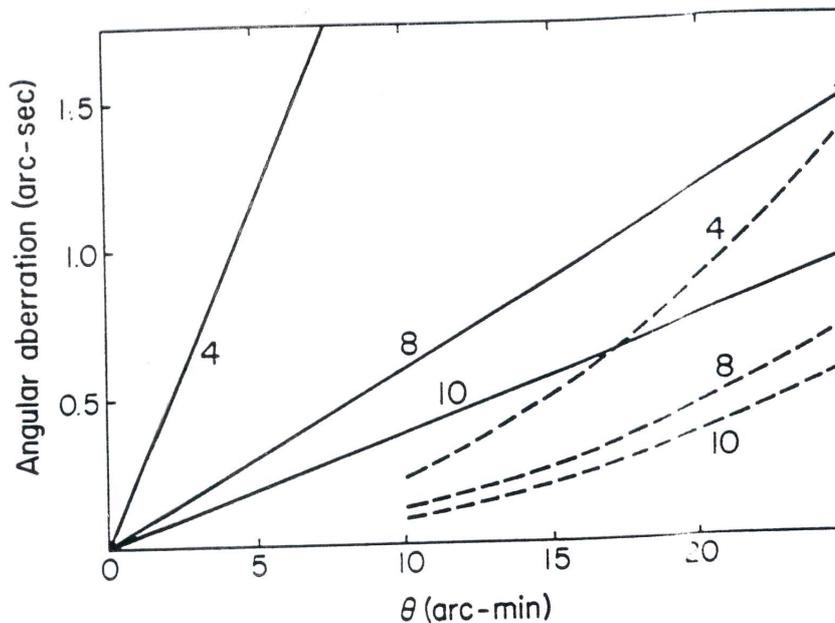
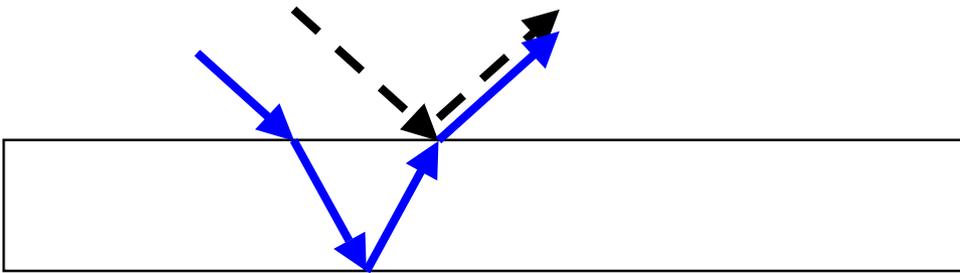


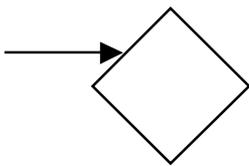
Fig. 6.1. Angular aberrations of paraboloid in collimated light at selected focal ratios. Solid lines: sagittal coma; dashed curves: astigmatism. The number on each curve is the focal ratio. See Eqs. (6.1.1) and (6.1.2).

- 49) Le lettere di una scritta hanno dimensioni di 20 cm. A che distanza massima stimate di poterle leggere, in buone condizioni di luce?
- 50) Due fenditure separate di 1 mm. sono seguite da una lente di focale 150 mm. Una sorgente di luce parallela monocromatica a 486 nm forma frange di interferenza attraverso due fenditure separate di 1 mm. Qual è la loro spaziatura su una parete distante 50 cm dal piano delle fenditure? Come cambiano le frange se l'intero sistema è immerso nell'acqua ($n=1.33$)?

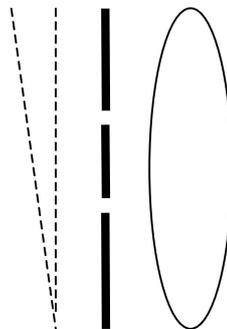
- 49) Su una lamina di ghiaccio di spessore 2 micron e indice di rifrazione 1.6 incide con angolo 45° un fascio di luce coerente. Determinare la differenza di cammino ottico tra i due raggi mostrati in figura,



- 52) Un raggio di luce incide sul punto centrale di una faccia di un prisma di vetro a base quadrata, con un angolo di incidenza di 45° . (Vedere fig sotto). L'indice di rifrazione del vetro è 1.45. Determinare la traiettoria del raggio.
- 53) Il telescopio spaziale Hubble orbita a 500 km di altezza ed ha dimensioni di 12m. E' possibile individuarne la struttura da terra, con un opportuno cannocchiale?
- 54) I sistemi GPS utilizzano i ritardi di segnali radio, dovuti al percorso satellite-osservatore, per determinare la posizione di quest'ultimo. Per ottenere una precisione di 10m, occorrerà tener conto che la trasmissione del segnale avviene, in parte, attraverso l'atmosfera?
- 55) Due aperture virtualmente puntiformi, separate di 1 mm., sono seguite da una lente di focale 20 cm. Una sorgente monocromatica di lunghezza d'onda 520 nm è posta all'infinito, sull'asse del segmento congiungente le due aperture. Descrivere le frange che si formano al piano focale della lente. Cosa succede se la sorgente è spostata dall'asse di $1'$? (fig.sotto)



n. 52



n.54